



⑫

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑰ Numéro de dépôt : **91402525.9**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup> : **F23D 14/22, F23D 14/32, F23D 14/58**

⑱ Date de dépôt : **24.09.91**

⑳ Priorité : **16.10.90 FR 9012737**

㉑ Date de publication de la demande : **22.04.92 Bulletin 92/17**

㉒ Etats contractants désignés : **BE DE DK ES IT NL SE**

㉓ Demandeur : **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE**  
**75, Quai d'Orsay**  
**F-75321 Paris Cédex 07 (FR)**

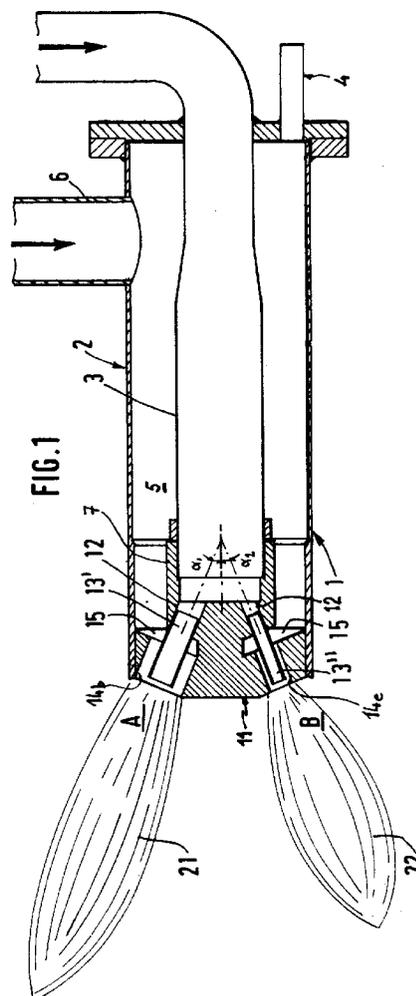
㉔ Inventeur : **Laurenceau, Serge, 23, rue du Champ Lagarde**  
**5, Résidence de la Pépinière**  
**F-78000 Versailles (FR)**  
 Inventeur : **Charon, Olivier**  
**11, rue du Forez**  
**F-91940 Les Ulis (FR)**

㉕ Mandataire : **Le Moenner, Gabriel et al**  
**L'AIR LIQUIDE, Société Anonyme pour l'étude et l'exploitation des procédés Georges Claude**  
**75, Quai d'Orsay**  
**F-75321 Paris Cédex 07 (FR)**

⑤④ **Procédé de chauffe d'une enceinte thermique et brûleur.**

⑤⑦ Pour la chauffe d'une enceinte thermique, on génère dans un brûleur comportant une pluralité d'injecteurs (13, 14), à partir d'un mélange oxycombustible, des flammes (21, 22) s'étendant dans des directions différentes et présentant une puissance et/ou un pouvoir oxydant/réducteur différents.

Application notamment à la chauffe de fours et poches métallurgiques ou aux fours de verrerie.



La présente invention concerne les procédés de chauffe d'une enceinte thermique au moyen d'au moins un brûleur générant au moins deux flammes.

Pour les combustions générées en partant d'un combustible et d'un comburant constitué d'air, il est aisé de développer de nombreuses formes de flammes adaptées aux géométries des enceintes thermiques dans lesquelles différents procédés de chauffe sont établis. Les débits massiques mis en oeuvre lors de combustions avec l'air (environ 1400 kg/MW) et les quantités de mouvement qui peuvent en résulter permettent de façonner relativement aisément les flammes pour leur donner des formes appropriées, par exemple filiformes ou en forme de boules. Lorsqu'on souhaite avoir de hautes performances thermiques de flammes, l'utilisation d'air fortement préchauffé (entre 1200 et 1400°C) s'impose et les facilités de mise en oeuvre sus-mentionnés s'amenuisent considérablement pour des raisons technologiques.

Un nombre très important d'applications de combustion nécessitant des performances thermiques élevées font recours à l'oxygène comme comburant dans des brûleurs industriels spécifiques. Les débits massiques étant différents (environ 300 kg/MW avec de l'oxygène), les brûleurs utilisant l'oxygène pur comme comburant ne permettent pas actuellement de juguler les problèmes de mise en forme des flammes et encore moins le zonage des produits de combustion permettant de réduire les risques d'oxydation des matériaux à traiter.

Par ailleurs, en ce qui concerne l'émission de polluants, tels que les oxydes d'azote (NOx), les techniques usuelles de recirculation et d'étagement du combustible et/ou du comburant ne sont pas sans inconvénient sur les processus thermiques. En effet, la recirculation consiste à générer des zones proches du nez du brûleur où les gaz déjà brûlés reviennent dans la flamme. Il s'ensuit un abaissement des concentrations locales en oxygène et une diminution sensible de la température de flamme qui permettent de minimiser les oxydes d'azote, l'abaissement de la température de flamme étant par contre préjudiciable à l'efficacité thermique du procédé de chauffe. De même, l'étagement de la combustion permet d'effectuer une combustion en régime sous-stoechiométrique dans une première zone proche du nez du brûleur, le complément de combustible ou de comburant étant apporté par une troisième injection qui se mélange plus loin aux gaz issus de la première zone de combustion. Cette technique est également favorable à la minimisation de la production d'oxydes de carbone mais altère considérablement l'efficacité thermique du procédé de chauffe.

La présente invention a pour objet de proposer un procédé de chauffe à performances thermiques élevées par combustion de mélanges oxycombustibles particulièrement simple à mettre en oeuvre, offrant une grande souplesse d'utilisation et permettant

d'optimiser les rendements thermiques du procédé de chauffe.

Pour ce faire, selon une caractéristique de l'invention, on génère dans le brûleur, à partir d'un mélange oxy-combustible, des flammes s'étendant dans des directions différentes et présentant des puissances et/ou pouvoirs oxydants/réducteurs différents.

Selon une caractéristique plus particulière de l'invention, on alimente au moins une des flammes avec des débits d'oxygène et de combustible plus élevés que les débits d'alimentation de l'autre flamme, typiquement une des flammes étant alimentées en mélange oxy-combustible sur-stoechiométrique et l'autre flamme en mélange sous-stoechiométrique.

De cette façon, selon l'invention, il est possible d'élaborer des volumes de flamme importants pour mieux s'adapter au volume des enceintes thermiques et, de façon plus particulière, de maîtriser la forme, la longueur et l'orientation des flammes ainsi que leur pouvoir oxydant ou réducteur et d'optimiser ainsi les rendements thermiques, et de générer des flammes différenciées orientables vers différentes zones de l'enceinte thermique et de créer des zones réductrices favorables à des réactions de combustion vive sur la charge dans l'enceinte thermique tout en conservant des propriétés de transfert thermique acceptables.

En particulier, grâce à l'adaptation indépendante des débits d'oxygène et de combustible de chacune des flammes, il est possible de générer dans l'enceinte thermique des zones de combustion différenciées, réductrices, neutres ou oxydantes, ainsi que des formes de flammes différenciées, longues ou épanouies. D'autre part, la maîtrise de la stoechiométrie, de l'impulsion et de l'orientation de chaque flamme permet d'agir sur la qualité du mélange des fluides et, pour une application donnée, de minimiser la production de polluants tels que les oxydes d'azote. Des niveaux relativement bas d'oxydes d'azote, de l'ordre de 80 à 100 ppm, ont ainsi pu être obtenus.

La présente invention a également pour objet de proposer un brûleur pour la mise en oeuvre du procédé, de conception modulaire, de structure simple et de faibles coûts de fabrication et de montage et convenant à de nombreuses applications.

Pour ce faire, selon une caractéristique de l'invention, le brûleur, du type comprenant au moins deux injecteurs communiquant avec des conduits d'amenée de mélange oxycombustible, est caractérisé en ce que les injecteurs sont orientés dans des directions différentes et ont des sections différentes.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description suivante d'un mode de réalisation, donnée à titre illustratif mais nullement limitatif, faite en relation avec les dessins annexés, sur lesquels :

– la figure 1 est une vue schématique en coupe

axiale d'un brûleur pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention ; et

– la figure 2 est une vue de face du brûleur de la figure 1.

Dans le mode de réalisation représenté sur les dessins, le brûleur 1 comporte une enveloppe cylindrique 2, par exemple de diamètre 160 mm, et un conduit central coaxial 3, par exemple de combustible, tel que propane ou gaz naturel, délimitant périphériquement, avec l'enveloppe 4, un conduit annulaire 5, par exemple pour de l'oxygène industriel introduit dans le conduit annulaire 5 par un embout latéral 6 traversant l'enveloppe 2. Une cellule 4 de contrôle de flamme, via l'espace annulaire 5 est prévu à l'arrière du brûleur. L'enveloppe cylindrique 2 est typiquement entourée d'un chemisage de refroidissement par de l'eau (non représenté). Dans l'extrémité avant de l'enveloppe 2 est monté un nez de brûleur interchangeable 11 comportant typiquement une partie de moyeu centrale tubulaire 7 vissée sur l'extrémité avant du conduit central 3. Le nez de brûleur 11 comporte une pluralité (six dans l'exemple représenté) d'orifices étagés angulairement répartis autour de l'axe du nez 11. Typiquement, chaque orifice étagé comprend une partie amont de diamètre réduit 12 débouchant dans la chambre intérieure de la partie de moyeu centrale 7 du nez et une partie aval 14 de plus grand diamètre. Une buse d'injection 13 est montée dans l'alésage amont 12 et s'étend dans l'alésage aval 14 jusqu'à une distance voisine de l'extrémité aval de ce dernier en formant ainsi une chambre d'éjection annulaire dans la partie aval 14. Chaque alésage aval 14 communique avec le conduit annulaire 5 par au moins un passage transversal 15 formé dans le nez 11 et débouchant radialement à l'extérieur de la partie de moyeu central 7. Chaque orifice étagé 12, 14 forme typiquement avec l'axe du nez 11 un angle divergent ( $\alpha_i$ ) compris entre 5 et 30°. On comprendra qu'en modifiant les sections des alésages 14 et des injecteurs 13, on peut obtenir des flammes différenciées selon les débits relatifs d'oxygène de combustible déterminés par ces sections en sus des modulations globales d'alimentation du brûleur en oxygène et en combustible, la puissance du brûleur étant modifiable par simple changement du nez 11.

Selon un aspect de l'invention, les injecteurs 13, 14 sont angulairement répartis autour de l'axe du brûleur en au moins deux groupes d'injecteurs de sections différentes. Dans l'exemple représenté, les injecteurs sont répartis en un groupe de trois injecteurs ( $14_a$  à  $14_c$ ) de section plus importante qu'un autre groupe de trois injecteurs ( $14_d$  à  $14_f$ ), produisant ainsi deux types de flammes, 21 et 22, respectivement, les angles ( $\alpha_1$ ) d'un groupe d'injecteurs étant par exemple différents des angles ( $\alpha_2$ ) de l'autre groupe d'injecteurs.

Typiquement, dans un four de fusion de métaux,

notamment de fonte, les flammes puissantes (21), correspondant aux injecteurs de plus grande section, sont orientées vers la voûte du four tandis que les flammes plus courtes (22), correspondant aux injecteurs de section réduite, sont moins puissantes, moins longues et sont orientées vers la charge du four. Les flammes puissantes 21 sont avantageusement à caractère oxydant (teneur en oxygène dans le mélange oxycombustible sur-stoechiométrique) tandis qu'au moins certaines des flammes courtes 22 orientées vers la flamme, présentent avantageusement un caractère réducteur (teneur en oxygène dans le mélange oxycombustible sous-stoechiométrique). Typiquement, on associe, par paires adjacentes, une flamme sous-stoechiométrique à une flamme sur-stoechiométrique. Dans ce type d'application, les angles de divergence  $\alpha_i$  des flammes sont généralement compris entre 10 et 25°, typiquement un angle de 15° pour les flammes courtes dirigées vers la charge et un angle d'environ 23° pour les flammes longues dirigées vers les parois du four. Dans de telles conditions, les flammes se développent indépendamment les unes des autres en conservant chacune son contour propre et sa divergence par rapport à l'axe du brûleur, leur longueur variant de 1 mètre à 2 mètres pour les flammes longues selon la puissance du brûleur. La puissance du brûleur est modulable entre 250 kW et 3 MW pour des débits d'oxygène entre 100 et 600 Nm<sup>3</sup>/heure et des débits de gaz naturel entre 50 et 300 m<sup>3</sup>/heure.

Le brûleur qui vient d'être décrit convient particulièrement aux procédés de chauffe dans les fours et poches de métallurgie, notamment de fusion de matériaux oxydables, et, grâce à la possibilité de réduction des émissions d'oxydes d'azote, dans les fours de verrerie, de cimenterie ou d'émaillerie.

Quoique la présente invention ait été décrite en relation avec un mode de réalisation particulier, elle ne s'en trouve pas limitée pour autant mais est au contraire susceptible de modifications et de variantes qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, selon les utilisations, on pourra aisément disposer dans le conduit central 3 une canalisation de refroidissement par eau, se prolongeant éventuellement dans le centre du nez de brûleur 11. En variante, le nez de brûleur 11 peut comporter en outre un injecteur central pour la formation d'une flamme pilote au centre du brûleur.

## Revendications

1. Procédé de chauffe d'une enceinte thermique à l'aide d'au moins un brûleur générant au moins deux flammes (21, 22), caractérisé en ce qu'on génère dans le brûleur, à partir de mélanges oxycombustibles, des flammes (21, 22) s'étendant dans des directions différentes à partir du brûleur

- et présentant des puissances et/ou pouvoirs oxydants/réducteurs différents.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on alimente au moins une des flammes avec des débits d'oxygène et de combustible plus élevés que les débits d'alimentation de l'autre flamme. 5
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'au moins une des flammes est alimentée en mélange oxycombustible dont la teneur en oxygène est sous-stoechiométrique. 10
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'au moins une des flammes est alimentée en mélange oxycombustible dont la teneur en oxygène est sur-stoechiométrique. 15
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on forme les flammes suffisamment écartées l'une de l'autre pour qu'elles conservent leurs contours propres. 20
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les flammes s'étendent dans des directions divergentes à partir d'un nez (11) du brûleur. 25
7. Procédé selon la revendication 3, pour le chauffage d'un four de fusion de métal oxydable, caractérisé en ce que la flamme alimentée en mélange oxycombustible sous-stoechiométrique est orientée vers le métal à fondre. 30
8. Procédé selon la revendication 3 et la revendication 4, caractérisé en ce qu'on associe une flamme alimentée en mélange sous-stoechiométrique à une flamme adjacente alimentée en mélange sur-stoechiométrique. 35 40
9. Brûleur pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant au moins deux injecteurs (13, 14) communiquant avec des conduits (2, 3) d'amenée de mélange oxycombustible, caractérisé en ce que les injecteurs (13, 14) sont orientés dans des directions différentes ( $\alpha_i$ ) et ont des sections différentes. 45
10. Brûleur selon la revendication 9, caractérisé en ce que les injecteurs (13, 14) sont formés dans un nez de brûleur (11) monté de façon amovible à une extrémité du brûleur. 50
11. Brûleur selon la revendication 9 ou la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens d'amenée comprennent une conduite centrale (3) et une conduite annulaire (5) entourant la conduite centrale, chaque injecteur comportant une partie amont (12) communiquant avec la conduite centrale (3) et une chambre annulaire d'éjection (14) communiquant avec le conduit annulaire (5). 55
12. Brûleur selon la revendication 10 ou la revendication 11, caractérisé en ce que le nez (11) comporte une partie centrale (7) montée sur la conduite centrale (3).
13. Brûleur selon l'une des revendications 9 à 12, caractérisé en ce qu'il a une configuration générale cylindrique avec un axe longitudinal et en ce qu'il comporte une pluralité d'injecteurs (13, 14) angulairement répartis.
14. Brûleur selon la revendication 13, caractérisé en ce que les injecteurs (13, 14) sont orientés dans des directions divergentes ( $\alpha_i$ ) par rapport à l'axe du brûleur.
15. Brûleur selon la revendication 14, caractérisé en ce que chaque injecteur (13, 14) forme avec l'axe du brûleur un angle ( $\alpha_i$ ) compris entre 10 et 25°.

